

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2722345号

(45)発行日 平成10年(1998) 3月4日

(24)登録日 平成9年(1997)11月28日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 1 6 H 25/20			F 1 6 H 25/20	A
B 2 5 J 18/04			B 2 5 J 18/04	
F 1 6 H 25/20			F 1 6 H 25/20	E
25/24			25/24	A

発明の数1(全 6 頁)

(21)出願番号	特願昭61-308521	(73)特許権者	999999999 科学技術振興事業団 埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(22)出願日	昭和61年(1986)12月26日	(72)発明者	広瀬 茂男 東京都目黒区大岡山2-10-35
(65)公開番号	特開昭63-163063	(74)代理人	弁理士 森下 靖脩
(43)公開日	昭和63年(1988)7月6日	審査官	森泉 玲子
		(56)参考文献	特開 昭62-49070 (J P, A) 特開 昭63-1853 (J P, A) 実開 昭60-16049 (J P, U) 実開 昭58-146690 (J P, U) 特公 平4-6511 (J P, B 2)

(54)【発明の名称】 産業用ロボットの手首用2自由度駆動機構

(57)【特許請求の範囲】

1. 外周面にボールねじとボールスプラインとが直列状に形成され、先端に工具を取り付けるための工具取付部が一体的に設けられている作動軸と、その作動軸の前記ボールねじ部分に螺合される第1ナットと、前記作動軸の前記ボールスプライン部分に嵌合される第2ナットと、これら第1及び第2ナットを回転自在に、かつ軸方向には移動不能に支持するフレームと、そのフレームにそれぞれ支持された直進用モータ及び旋回用モータと、それら直進用モータ及び旋回用モータの回転駆動力を前記第1及び第2ナットにそれぞれ伝達する第1伝動機構及び第2伝動機構と、を備え、

前記直進用モータ及び旋回用モータの回転数をそれぞれ制御することにより、前記工具に直進運動と回転運動とを行わせるようにしたことを特徴とする、産業用ロボットの手首用2自由度駆動機構。

【発明の詳細な説明】

(産業上の利用分野)

本発明は、2種類の運動を行わせることのできる2自由度駆動機構に関するもので、特に、産業用ロボットの手首機構に用いられる、直進運動と回転運動とを行わせることのできる2自由度駆動機構に関するものである。(従来の技術)

一般に、工作機械等の機械装置においては、送りと回転との2種類の運動が求められることが多い。例えば水平多関節ロボットの場合には、その先端の手首機構に、Z軸方向の直進運動とZ軸まわりの回転運動とを行わせ

(2)

3

ることが必要となっている。

第 2 図は、このような直進運動と回転運動とを行わせることのできる 2 自由度駆動機構として、従来一般に多用されている典型的な例を示すものである。

この 2 自由度駆動機構は、固定フレーム 31 と、その固定フレーム 31 にスプライン 32 を介して嵌合された可動フレーム 33 とを備えている。固定フレーム 31 には直進用モータ 34 が取り付けられており、その直進用モータ 34 の出力軸に直結されたボールねじ 35 を回転駆動することによって、可動フレーム 33 が直進運動を行うようになっている。また、可動フレーム 33 内には旋回用モータ 36 が取り付けられており、その旋回用モータ 36 を作動させることによって、その出力軸に直結された作動軸 37 が回転運動を行うようになっている。

したがって、直進用モータ 34 及び旋回用モータ 36 を適宜作動させることによって、作動軸 37 に直進運動と回転運動とを行わせることができる。

また、このような 2 自由度駆動機構の変形例として、固定フレームに可動フレームを回転自在に支持し、その固定フレームに取り付けられた旋回用モータによって可動フレームを回転させるとともに、可動フレームに取り付けられた直進用モータによって作動軸を直進させるようにしたものも知られている。

しかしながら、いずれにしても、このような 2 自由度駆動機構では、固定フレームのほかに可動フレームを必要とし、しかも、その可動フレームは、旋回用モータあるいは直進用モータのいずれかを支持した状態で直進運動あるいは回転運動を行うようにしなければならないので、①可動部の重量が大きく、高速応答性が得られない、②全体の重量も大きく、マニピュレータの先端に取り付けられる手首機構とするには不利となる、③精度の高い加工が困難で、信頼性を十分に高めることは難しい、等の問題がある。

このようなことから、第 3 図に示されているような 2 自由度駆動機構も提案されている。

この 2 自由度駆動機構においては、直進用モータ 41 及び旋回用モータ 42 はともに固定フレーム 43 に支持されている。固定フレーム 43 には、ボールねじ 44 と、ボールスプライン 45 が形成された作動軸 46 とが並設されている。このボールねじ 44 は、直進用モータ 41 によりタイミングベルト 47 を介して回転駆動されるようになっている。また、作動軸 46 は、ボールスプライン 45 に嵌合されているナット 48 を旋回用モータ 42 によりタイミングベルト 49 を介して回転駆動することによって、回転されるようになっている。そして、ボールねじ 44 には、連結部材 50 を介してベアリング 51 が一体に取り付けられたナット 52 が螺合されている。そのベアリング 51 は、作動軸 46 の上端を回転自在に、かつ軸方向相対移動不能に支持するものとされている。

したがって、直進用モータ 41 を作動させると、ボール

4

ねじ 44 が回転し、ナット 52 が上下方向に移動して、作動軸 46 が直進運動する。また、旋回用モータ 42 を作動させると、ナット 48 が回転して、作動軸 46 が回転する。

このような 2 自由度駆動機構によれば、可動部の重量を軽減することができるので、応答性は改善される。しかしながら、未だ部品点数が多く、しかも、ボールねじ 44 と作動軸 46 とを並設しなければならないので、占有スペースが大きくなり、マニピュレータの先端に取り付けるには必ずしも適したものとは言えない。

このような問題を根本的に解決するためには、作動軸に直接直進運動と回転運動とを行わせるようにすればよい。そのようなものとして、第 4 図に示されているような差動機構を用いることが考えられている。

この 2 自由度駆動機構においては、作動軸 61 の外周面に、一對の互いに逆方向で同ピッチの螺旋状の溝 62, 63 が形成されている。そして、これらの溝 62, 63 に、ボールを介してカップリング 64, 65 がそれぞれ噛み合わされている。これらのカップリング 64, 65 は、2 台のモータ（図示せず）により、タイミングベルト 66, 67 を介してそれぞれ個別に回転駆動されるようになっている。

このような機構によれば、各カップリング 64, 65 を同速度で同方向に同期回転させると、作動軸 61 はカップリング 64, 65 と同方向に回転する。また、カップリング 64, 65 を互いに逆方向で同速度で同期回転させると、作動軸 61 は上下方向に直進運動をする。

したがって、2 台のモータの回転方向と回転速度とを制御するだけで、作動軸 61 に任意の直進運動と回転運動とを行わせることができる。近年、モータの制御技術は相当進んでいるので、このようなモータの差動制御も極めて容易かつ正確に行うことができる。

（発明が解決しようとする問題点）

しかしながら、このような差動機構を用いた 2 自由度駆動機構においても、未だ次のような問題点がある。

- ① 特殊なボールねじ機構を用いるものであるため、高価となる。
- ② 一對の溝 62, 63 が交差しているため、各カップリング 64, 65 のボールが対応する溝 62, 63 から外れることがある。
- ③ 精密な直進運動を行わせるためには各溝 62, 63 のピッチを小さくすることが望まれるが、そのようにすると、回転に対する負荷支持力が低下してしまう。また、ピッチを大きくすると、直進に対する負荷支持力が低下する。したがって、使用範囲が軽荷重用に限られることになる。

本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであって、その目的は、重荷重にも対応することができるとともに、構造が簡単でコンパクトな、産業用ロボットの手首機構として優れた 2 自由度駆動機構を得ることである。

（問題点を解決するための手段）

50

(3)

5

この目的を達成するために、本発明では、作動軸にボールねじとボールスプラインとを直列状に設け、それらボールねじ及びボールスプラインに第 1 及び第 2 ナットをそれぞれ噛み合わせるようにしている。その第 1 及び第 2 ナットは、フレームによって回転自在に、かつ軸方向には移動不能に支持されている。そして、それら第 1 及び第 2 ナットは、フレームに支持された直進用モータ及び旋回用モータによって、それぞれ第 1 及び第 2 伝動機構を介して回転駆動されるようになっている。作動軸の先端には、工具を取り付けるための工具取付部が一体的に設けられている。

(作用)

このように構成することにより、第 1 ナットのみを回転させると、その第 1 ナットに螺合しているボールねじに軸方向の力が作用し、作動軸が直進運動する。このとき、作動軸はボールスプラインを介して第 2 ナットに係合しているので、その作動軸が回転することはない。

また、第 1 ナットと第 2 ナットとを同速度で同方向に同期回転させると、第 2 ナットの回転がボールスプラインを介して作動軸に伝えられ、作動軸が回転運動をする。このとき、作動軸はボールねじを介して第 1 ナットとも係合しているが、その第 1 ナットは作動軸と同速度で同方向に回転しているので、作動軸に直進運動が生ずることはない。

そして、第 1 及び第 2 ナットに相対回転速度差を与えながらこれらをともに回転させると、作動軸は直進運動を行うと同時に回転運動を行う。

このように、作動軸のみが直進運動と回転運動とを行うので、その可動部は軽量でコンパクトなものとなる。しかも、その作動軸には、普通に用いられているボールねじとボールスプラインとを形成し、それぞれにナットに係合させるだけであるので、極めて安価なものとすることができる。

そして、直進荷重はボールねじと噛み合う第 1 ナットによって支持され、回転荷重はボールスプラインと噛み合う第 2 ナットによって支持されるので、大きな荷重にも十分に対応し得るものとすることができる。

(実施例)

以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。

図中、第 1 図は本発明による 2 自由度駆動機構の一実施例を示す縦断側面図である。

この図から明らかなように、フレーム 1 の先端部には、上下方向に開口する筒状部 2 が設けられている。この筒状部 2 の上下端には、それぞれベアリング 3、3 及び 4、4 を介して、第 1 ナット 5 及び第 2 ナット 6 が回転自在に、かつ軸方向には移動不能に取り付けられている。

これら第 1 及び第 2 ナット 5、6 には、作動軸 7 が嵌め込まれている。この作動軸 7 の外周面には、上半部にボールねじ 8 が形成され、下半部にボールスプライン 9 が形成されている。すなわち、作動軸 7 には、ボールねじ

6

8 とボールスプライン 9 とが直列状に設けられている。これらボールねじ 8 及びボールスプライン 9 は、ナット 5、6 間の距離にほぼ等しい長さでされている。そして、そのボールねじ 8 に第 1 ナット 5 が螺合し、ボールスプライン 9 に第 2 ナット 6 が嵌合するようにされている。したがって、第 2 ナット 6 は、ボールスプライン 9 に対して軸方向には摺動自在であるが、相対回転はしないようになっている。また、作動軸 7 の下端部には、工具を取り付けるための工具取付部 10 が一体的に設けられ、その工具が作動軸 7 と一体的な運動をするようにされている。

第 1 及び第 2 ナット 5、6 の外周面には、それぞれ第 1 プーリ 11 及び第 2 プーリ 12 が一体に設けられている。一方、フレーム 1 には、直進用モータ 13 と旋回用モータ 14 とが取り付けられている。そして、直進用モータ 13 の出力軸 15 に設けられた駆動プーリ 16 と第 1 ナット 5 の第 1 プーリ 11 との間に、第 1 タイミングベルト 17 が巻き掛けられ、旋回用モータ 14 の出力軸 18 に設けられた駆動プーリ 19 と第 2 ナット 6 の第 2 プーリ 12 との間に、第 2 タイミングベルト 20 が巻き掛けられている。フレーム 1 の筒状部 2 には、これらベルト 17、20 が挿通されるベルト挿通孔 21、22 が形成されている。

こうして、直進用モータ 13 によって第 1 ナット 5 が回転駆動され、旋回用モータ 14 によって第 2 ナット 6 が回転駆動されるようになっている。すなわち、この実施例では、駆動プーリ 16、第 1 タイミングベルト 17、及び第 1 プーリ 11 によって、直進用モータ 13 の回転駆動力を第 1 ナット 5 に伝達する第 1 伝動機構 23 が構成され、駆動プーリ 19、第 2 タイミングベルト 20、及び第 2 プーリ 12 によって、旋回用モータ 14 の回転駆動力を第 2 ナット 6 に伝達する第 2 伝動機構 24 が構成されている。

次に、このように構成された 2 自由度駆動機構の作用について説明する。

作動軸 7 に直進運動を行わせるときには、旋回用モータ 14 を停止させた状態で、直進用モータ 13 を作動させる。すると、直進用モータ 13 の回転駆動力が第 1 伝動機構 23 によって第 1 ナット 5 に伝えられ、そのナット 5 がモータ 13 と同方向に回転する。このとき、旋回用モータ 14 が停止していることにより、第 2 ナット 6 は固定されているので、そのナット 6 にボールスプライン 9 を介して嵌合している作動軸 7 の回転は規制されている。したがって、第 1 ナット 5 は作動軸 7 に対して相対回転することになる。そして、そのナット 5 は軸方向には移動しないので、そのナット 5 に螺合しているボールねじ 8 に軸方向の力が加えられる。

その結果、作動軸 7 は軸方向に直進運動をする。ボールねじ 8 のピッチを p とすれば、作動軸 7 を速度 v で直進運動させるためには、第 1 ナット 5 を、

$$(60/2\pi) \cdot (v/p)$$

の角速度で回転させればよい。

(4)

7

第 1 ナット 5 を逆方向に回転させれば、作動軸 7 は逆方向の直進運動を行う。

また、作動軸 7 に回転運動をさせるときには、直進用モータ 13 及び旋回用モータ 14 をともに作動させて、第 1 及び第 2 ナット 5, 6 を同速度で同方向に回転させる。第 2 ナット 6 を角速度 ω で回転させると、そのナット 6 にボールスプライン 9 を介して嵌合している作動軸 7 も、同じ角速度 ω で同方向に回転する。このとき、ボールねじ 8 も回転するが、そのボールねじ 8 に螺合されている第 1 ナット 5 も同速度で同方向に同期回転されているので、第 1 ナット 5 とボールねじ 8 との間に相対移動が生ずることはない。したがって、作動軸 7 は直進運動はせず、回転運動のみを行うことになる。

作動軸 7 を逆方向に回転させるときには、第 1 及び第 2 ナット 5, 6 をともに逆方向に同速度で回転させればよい。

このようにして、一般に、第 1 ナット 5 を

$$\omega + (60/2\pi) \cdot (v/p)$$

の角速度で回転させ、第 2 ナット 6 を角速度 ω で回転させれば、作動軸 7 は、速度 v の直進運動を行うとともに、角速度 ω の回転運動を行うことになる。したがって、2 台のモータ 13, 14 の同期制御によって、任意の 2 自由度運動を実現することができる。

このように、この 2 自由度駆動機構によれば、作動軸 7 のみに直進運動及び回転運動を行わせることができ、可動部を軽量化することができるので、高速応答性に優れたものとすることができる。また、フレーム 1 の先端部には、1 本の作動軸 7 とそれに嵌合されるナット 5, 6 とのみを設ければよいので、コンパクトなものとなることができる。

しかも、作動軸 7 には、ごく普通に用いられているボールねじ 8 とボールスプライン 9 とを形成すればよく、それに噛み合う第 1 及び第 2 ナット 5, 6 も通常のものでよいので、極めて安価なものとなる。そして、直進荷重は、ボールねじ 8 と第 1 ナット 5 との螺合によって支持されるが、そのボールねじ 8 のピッチ p を小さくすることによって、その支持力は十分に大きくすることができる。また、回転荷重は、ボールスプライン 9 と第 2 ナット 6 との嵌合によって支持されるが、ボールスプライン 9 の負荷支持特性が非常に良好であるので、重荷重にも十分に対応し得るものとすることができる。

なお、上記実施例においては、ボールねじ 8 とボール

8

スプライン 9 とが作動軸 7 の上下に設けられるものとしているが、これらを逆に設けるようにすることもできる。また、作動軸 7 が上下方向に設置されるものに限られることもない。

更に、直進用モータ 13 及び旋回用モータ 14 の回転駆動力をナット 5, 6 に伝達する伝動機構 23, 24 として、タイミングベルト 17, 20 を用いるものとしているが、これを歯車機構等によって構成することもできる。ただし、モータ 13, 14 がフレーム 1 の基部側に設置され、しかも全体が軽量のものとなるようにするためには、ベルト伝動機構を用いることが望ましい。

(発明の効果)

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、作動軸にボールねじとボールスプラインとを形成し、これらボールねじ及びボールスプラインに第 1 及び第 2 ナットをそれぞれ噛み合わせて、その第 1 及び第 2 ナットの回転を同期制御するようにしているので、作動軸に直接直進運動と回転運動とを行わせることができ、可動部の軽量化が可能となるとともに、部品点数が少なく、コンパクトなものとすることができる。

そして、直進運動をボールねじによって行わせるとともに、回転運動をボールスプラインによって行わせるようにしているので、重量物の取り扱いにも対応し得るものとすることができる。しかも、それらボールねじ及びボールスプラインはごく普通のものであるので、安価に製造することができる。

こうして、産業用ロボットの手首機構として優れた 2 自由度駆動機構を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

第 1 図は、本発明による 2 自由度駆動機構の一実施例を示す縦断側面図、

第 2 図は、従来の 2 自由度駆動機構の典型的な例を示す縦断側面図、

第 3 図は、従来の 2 自由度駆動機構の他の例を示す縦断側面図、

第 4 図は、従来の 2 自由度駆動機構の更に異なる例を示す要部の側面図である。

1 ……フレーム、5 ……第 1 ナット

6 ……第 2 ナット、7 ……作動軸

8 ……ボールねじ

9 ……ボールスプライン

13 ……直進用モータ、14 ……旋回用モータ

23 ……第 1 伝動機構、24 ……第 2 伝動機構

(6)

【第 3 図】

